

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-329335

(43)Date of publication of application : 27.11.2001

(51)Int.Cl. G22C 38/00  
G22C 38/60

(21)Application number : 2000-143762

(71)Applicant : KOBE STEEL LTD

(22)Date of filing : 16.05.2000

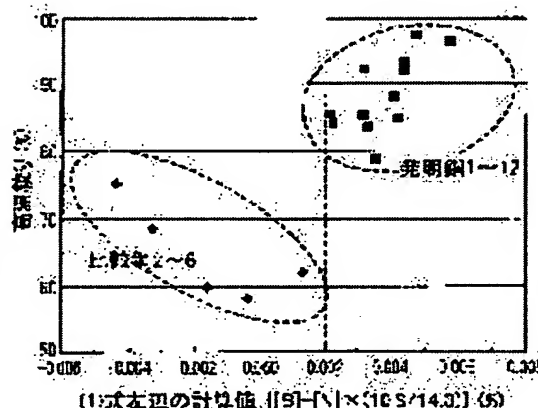
(72)Inventor : SOMEKAWA MASAMI  
ANAMI GORO  
NAGAHAMA MUTSUHISA  
SHIKAISO MASATO  
OZAKI KATSUHIKO

## (54) LOW CARBON SULFUR BASED BN FREE CUTTING STEEL EXCELLENT IN HOT DUCTILITY

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide low carbon sulfur based free cutting steel, in which in low carbon sulfur based free cutting steel containing S or P and S by fixed quantity or above, e.g. represented by sulfur-compounded free Cutting steel prescribed in JISG4804, free cuttability is improved by the precipitation of BN, further, bad influence in the reduction of its hot ductility caused by the precipitation of BN is suppressed as possible, and therefore, good hot ductility can be exhibited.

SOLUTION: This steel had a composition containing 0.03 to 0.2% C, 0.3 to 2% Mn and 0.06 to 0.5% S, further containing 0.001 to 0.02% B and 0.002 to 0.015% N, and also satisfying inequality (1):  $[B]-[N] \times (10.8/14.0) \geq 0.002$  (%); wherein [B] and [N] respectively denote the contents of B and N (mass%).



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-329335  
(P2001-329335A)

(43) 公開日 平成13年11月27日 (2001.11.27)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マコ-ト* (参考)
C 2 2 C 38/00 38/60	3 0 1	C 2 2 C 38/00 38/60	3 0 1 M

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2000-143762 (P2000-143762)

(22) 出願日 平成12年5月16日 (2000.5.16)

(71) 出願人 000001199

株式会社神戸製鋼所

兵庫県神戸市中央区脇浜町1丁目3番18号

(72) 発明者 染川 雅実

神戸市灘区灘浜東町2番地 株式会社神戸  
製鋼所神戸製鉄所内

(72) 発明者 阿南 吾郎

神戸市灘区灘浜東町2番地 株式会社神戸  
製鋼所神戸製鉄所内

(74) 代理人 100067828

弁理士 小谷 悦司 (外1名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 熱間延性に優れた低炭素硫黄系BN快削鋼

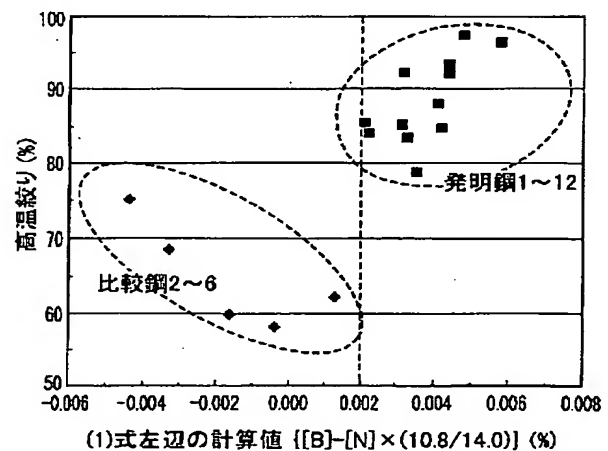
(57) 【要約】

【課題】 J I S G 4 8 0 4 に規定される「硫黄複合快削鋼鋼材」に代表される様な、S若しくはPとSを或る一定以上含有した低炭素硫黄系快削鋼において、BNの析出によって快削性を向上させると共に、BNの析出による熱間延性低下という悪影響を極力抑制して良好な熱間延性を発揮することのできる低炭素硫黄系BN快削鋼を提供する。

【解決手段】 C: 0.03~0.2%、Mn: 0.3~2%、S: 0.06~0.5%を夫々含有すると共に、B: 0.001~0.02%およびN: 0.002~0.015%を含有し、且つ下記(1)式を満足するものである。

$[B] - [N] \times (10.8 / 14.0) \geq 0.002$   
(%) …… (1)

但し、[B] および [N] は、夫々BおよびNの含有量(質量%)を示す。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 C:0.03~0.2% (質量%の意味、以下同じ)、Mn:0.3~2%、S:0.06~0.5%を夫々含有すると共に、B:0.002~0.\*

$$[B] - [N] \times (10.8/14.0) \geq 0.002 (\%) \cdots (1)$$

但し、[B] および [N] は、夫々BおよびNの含有量 (質量%) を示す。

【請求項2】 P:0.2%以下 (0%を含まない) を含有するものである請求項1に記載の低炭素硫黄系BN快削鋼。

【請求項3】 Cr:0.5%以下 (0%を含まない) を含有するものである請求項1または2に記載の低炭素硫黄系BN快削鋼。

【請求項4】 O:0.003~0.03%を含有するものである請求項1~3いずれかに記載の低炭素硫黄系BN快削鋼。

【請求項5】 Pb:0.4%以下 (0%を含まない)、Bi:0.4%以下 (0%を含まない)、Sn:0.4%以下 (0%を含まない) およびIn:0.4%以下 (0%を含まない) よりなる群から選ばれた1種以上を含有するものである請求項1~4のいずれかに記載の低炭素硫黄系BN快削鋼。

【請求項6】 Ca:0.01%以下 (0%を含まない)、Te:0.2%以下 (0%を含まない) およびSe:0.3%以下 (0%を含まない) よりなる群から選ばれた1種以上を含有するものである請求項1~5のいずれかに記載の低炭素硫黄系BN快削鋼。

【請求項7】 Si:0.05%以下 (0%を含む) および/またはAl:0.05%以下 (0%を含む) に低減したものである請求項1~6のいずれかに記載の低炭素硫黄系BN快削鋼。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、鋼材の強度特性よりも被削性が要求されるために、S若しくはSとPを或る一定以上含有させた低炭素硫黄系BN快削鋼において、被削性および熱間圧延のいずれをも優れたものとした低炭素硫黄系BN快削鋼に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 鋼材の被削性を向上させる手段として、従来からPbやSに代表される被削性向上元素を添加することが広く実用化されている。そして、これ以外の被削性向上手段の一つとして、六方晶窒化硼素 (以下、「BN」と記す) を鋼材中に析出させることが研究されている。この様な技術として、例えば特開平2-73950号、同3-10047号、同3-240931号、※

$$[B] - [N] \times (10.8/14.0) \geq 0.002 (\%) \cdots (1)$$

但し、[B] および [N] は、夫々BおよびNの含有量 (質量%) を示す。

【0008】 本発明の低炭素硫黄系BN快削鋼には、必

\*0.2%およびN:0.002~0.015%を含有し、且つ下記(1)式を満足するものであることを特徴とする熱間延性に優れた低炭素硫黄系BN快削鋼。

※同6-145889号、同6-145890号等には、BNによる被削性を向上させた各種のBN快削鋼が提案されている。

【0003】 しかしながら、上記のようなBN快削鋼においては、BN析出量が多過ぎると鋼材の熱間延性を却って低下させるという悪影響があることから、上記の各種鋼材においては、BN以外で熱間圧延を阻害する元素であるP、S、O等の成分量を極力低減する必要がある。

【0004】 このため、被削性が非常に重要視されるJISG4804に規定される様な「硫黄複合快削鋼鋼材」 (例えば、SUM21、22、31、32、42等) といったPやSを比較的多く含む鋼材へのBNの適用例はなかった。

【0005】 こうした状況の下で、例えば特開平9-71840号には、PやSを比較的多く含む鋼材へのBN析出の効果を試みた技術も提案されるに至っている。しかしながら、こうした鋼材では、Oを極力低減するという観点から、Al添加による脱酸を行なう必要がある。その結果、通常SiやAl等の脱酸力の強い元素を極力抑えたものである上記「硫黄複合快削鋼鋼材」に比べて、アルミナ ( $Al_2O_3$ ) 等の硬質の酸化物系介在物の存在による被削性低下が懸念される。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】 本発明は、従来技術が有する上記の様な課題を解決する為になされたものであって、その目的は、JISG4804に規定される「硫黄複合快削鋼鋼材」に代表される様な、S若しくはPとSを或る一定以上含有した低炭素硫黄系快削鋼において、BNの析出によって快削性を向上させると共に、BNの析出による熱間延性低下という悪影響を極力抑制して良好な熱間延性を発揮させることのできる低炭素硫黄系BN快削鋼を提供することにある。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成し得た本発明の低炭素硫黄系BN快削鋼とは、C:0.03~0.2%、Mn:0.3~2%、S:0.06~0.5%を夫々含有すると共に、B:0.002~0.02%およびN:0.002~0.015%を含有し、且つ下記(1)式を満足するものである点に要旨を有するものである。

要によって、(a) P:0.2%以下 (0%を含まない)、(b) Cr:0.5%以下 (0%を含まない)、(c) O:0.003~0.03%、(d) Pb:0.

4%以下(0%を含まない)、Bi:0.4%以下(0%を含まない)、Sn:0.4%以下(0%を含まない)およびIn:0.4%以下(0%を含まない)よりなる群から選ばれる1種以上、(e)Ca:0.01%以下(0%を含まない)、Te:0.2%以下(0%を含まない)およびSe:0.3%以下(0%を含まない)よりなる群から選ばれる1種以上、等を含有させることも有効であり、含有させる元素の種類に応じて鋼材の特性が改善される。

【0009】また、本発明の低炭素硫黄系BN快削鋼においては、被削性を更に向上させるという観点から、Si:0.05%以下(0%を含む)および/またはAl:0.05%以下(0%を含む)に低減することも有効である。

#### 【0010】

【発明の実施の形態】本発明者らは、S若しくはSとP\*

$$[B] - [N] \times (10.8/14.0) \geq 0.002 (\%) \cdots (1)$$

但し、[B] および [N] は、夫々BおよびNの含有量(質量%)を示す。

【0012】B(原子量:10.8)は窒化物を形成し易い元素であるので、鋼中にN(原子量:14.0)が十分に存在していると、BとNは結合してBNとして析出する。従って、Bよりも窒化物を形成し易い元素(例えば、Al, Ti, Zr等)が殆ど含まれていない鋼では、原子量から考えて、B含有量[B]が[N含有量] $[N] \times (10.8/14.0)$ (質量%)以下であれば、ほぼ全量の添加したBがBNとなって析出すると考えられる。また、この考え方では、鋼中に存在するN含有量[N]が十分である場合 $[N] \geq [B] \times (14.0/10.8)$ 、BN量は $[B] \times (10.8 + 14.0)/10.8$ として計算されることになる。

【0013】BはBN以外の介在物を形成しないわけではなく、BN以外にも $B_2O_3$ や $Fe_3(CB)_2$ などの介在物を形成することが知られている。但し、本発明者らが検討したところによれば、本発明で規定する化学成分組成を有する快削鋼では、BN以外の介在物は少量しか存在しないこと、および後記図1(BN量と高温絞りの関係)に示すように上記計算で求めたBN量が増加すると、熱間延性[高温試験における絞り値:高温絞り(%)]が低下することを確認できた。

【0014】そして本発明者らは、BN量をできるだけ低減させることなく、BNによる悪影響を取り除くという観点から検討したところ、上記のような構成を採用すればBNの熱間延性に及ぼす悪影響を取り除き、逆に熱間延性を向上させ得ることをできることを見出し、本発明を完成した。

【0015】本発明において、上記の様な構成を採用することによって、上記の効果が得られた理由(熱間延性向上の機構)についてはその全てを明らかにした訳ではないが、次のように考えることができた。BNによる熱

\*を比較的多く含む快削鋼に対してBN析出による被削性向上効果を発揮させるべく、様々な角度から検討した。また、この検討の過程において本発明者らは、従来の知見で示されている通り、BN析出の増加と共に工具寿命が向上するが、反対に熱間延性が低下することも確認できた。そして、この熱間延性を向上させる方法について、鋭意研究を重ねてきた。

【0011】その結果、BNを生成させる為に必要な量よりも多くのBを含有させて、鋼材中に存在する固溶Bが或る値以上を確保できる様にすれば、従来の鋼材における様なBNによる熱間延性低下を防止できることを見出した。即ち、本発明の低炭素硫黄系BN快削鋼は、C, Mn, S等の鋼材における基本成分の含有量範囲を適切に調整すると共に、B:0.002~0.02%およびN:0.002~0.015%を含有し、且つ下記(1)式を満足するようにしたものである。

間延性の低下は、BNが結晶粒界に析出し易いことから、BNの析出によって粒界が脆化することによって起こるものと考えられる。BをBNとなる量以上に過剰に含有させた場合には、過剰に添加されたBは固溶Bとなるのであるが、この固溶Bは拡散速度が速いので、粒界に集まり易い。そして、この固溶Bがある値以上になると、BNによる粒界脆化を防止して、鋼材の熱間延性を向上させ得るものと考えられる。

【0016】本発明の低炭素硫黄系BN快削鋼は、C, Mn, S, BおよびN等を必須成分として含有するものであるが、この化学成分組成の範囲限定理由は、下記の通りである。

#### 【0017】C:0.03~0.2%

Cは、所定の強度を付与して切削後の表面性状(仕上げ面粗さ)を良好にするのに有効な元素である。こうした効果を発揮させる為には、Cの含有量は0.03%以上とする必要がある。しかしながら、過剰に含有させると硬くなり過ぎて工具寿命が悪くなるので、0.2%以下にする必要がある。尚、C含有量の好ましい下限は0.05%であり、好ましい上限は0.16%である。

#### 【0018】Mn:0.3~2%

Mnは、Cと同様に所定の強度を付与するのに有効な元素であるが、0.3%未満であると鋼中にFeSが生成して圧延中に液相が生じるので、割れが生じ易くなる。このため、Mn含有量は0.3%以上とする必要がある。また、Mnは、Sと結合してMnS介在物を形成して被削性向上に寄与するために必要である。しかしながら、Mn含有量が過剰になると硬くなり過ぎて、逆に被削性に悪影響を及ぼすので、2%以下とするのが良い。尚、Mn含有量の好ましい下限は0.5%であり、好ましい上限は1.75%である。

#### 【0019】S:0.06~0.5%

Sは、Mnと結合してMnS介在物を形成し被削性を向

上させるのに有効な元素である。こうした効果を発揮させるためには、0.06%以上含有させる必要がある。しかしながら、Sの含有量が過剰になると表面疵が多く発生してしまうので、0.5%以下にするのが良い。尚、Si含有量の好ましい下限は0.08%であり、好ましい上限は0.4%である。

【0020】B:0.002~0.02%

Bは、BNを形成し、被削性を向上させると共に、BNを形成する以上に添加することにより、熱間延性の低下を抑制するのに有効な元素であり、こうした効果を発揮させるためには0.002%以上含有させる必要があり、これより少なくなると熱間延性の向上効果が得られない。またB含有量の上限については、過剰に添加しても効果が飽和すると共に、コスト面でも不利になるという観点からして、0.02%以下とするのが良い。

【0021】N:0.002~0.015%

Nは、本発明鋼においてBNを形成して被削性を向上させるのに必要な元素である。こうした効果を発揮させるためには、少なくとも0.002%以上含有させる必要がある。しかしながら、N含有量が過剰になると、上記

(1)式を満足させるためにはそれにあわせてBの含有量も増加させる必要があり、コスト面で不利となる。こうした観点から、N含有量の上限は0.015%とするのが良い。尚、N含有量の好ましい下限は0.003%であり、好ましい上限は0.012%である。

【0022】本発明の低炭素硫黄系BN快削鋼における基本的な成分は上記の通りであり、残部は実質的にFeからなるものであるが、必要によってP、Cr、O、Pb、Bi、Sn、In、Ca、Te、Se等を含有させること、およびSiやAlを低減することも有効である。これらの元素の好ましい範囲およびその範囲限定理由は下記の通りである。尚、「実質的にFe」とは、本発明の低炭素硫黄系BN快削鋼にはFe以外にその特性を阻害しない程度の微量成分(許容成分)を含み得るものであり、こうした許容成分としては、例えばLa、Ce等の元素や、As、Sb等の不可避的不純物が挙げられる。

【0023】P:0.2%以下(0%を含まない)

Pは、鋼の延性を低下させるので、切削後の表面性状(仕上げ面粗さ)を良好にするのに有効な元素である。こうした効果はその含有量が増加するにつれて、大きくなるが、過剰になると熱間延性が低下するので0.2%以下とするのが良い。尚、P含有量のより好ましい上限は、0.15%であり、この範囲ではPによる熱間圧延への悪影響は殆ど現れない。

【0024】Cr:0.5%以下(0%を含まない)

Crは、所定の強度を付与するのに有効な元素であるが、過剰になると鋼が硬くなり過ぎて被削性に悪影響を及ぼすことになる。こうした観点から、Cr含有量は0.5%以下とすることが好ましく、より好ましくは

0.4%以下とするのが良い。

【0025】O:0.003~0.03%

Oは、主にMnOとしてMnSの核となり、MnSの形態を被削性に有利な方向に制御する為に有効な元素であり、そのためには0.003%以上含有させることが好ましい。しかしながら、O含有量が過剰になると表面疵等の原因となるので、その上限は0.03%以下とすることが好ましい。尚、O含有量のより好ましい下限は0.005%であり、より好ましい上限は0.02%である。

【0026】Pb:0.4%以下(0%を含まない)、Bi:0.4%以下(0%を含まない)、Sn:0.4%以下(0%を含まない)およびIn:0.4%以下(0%を含まない)よりなる群から選ばれる1種以上  
Pb、Bi、SnおよびIn等の低融点金属は、被削性を向上させるのに非常に有効な元素である。しかしながら、過剰に添加しても被削性向上効果は飽和し、却って靱性が大きく劣化するので、いずれも0.4%以下の範囲で含有させることが好ましい。

【0027】Ca:0.01%以下(0%を含まない)、Te:0.2%以下(0%を含まない)およびSe:0.3%以下(0%を含まない)よりなる群から選ばれる1種以上

Ca、TeおよびSeは、いずれも被削性を向上させるのに有効な元素である。このうち、Caは脱酸作用もあるので、過剰に含有させると溶鋼中の酸素濃度が低下して、MnS形態が被削性に不利なものとなり、仕上げ面粗さを悪くする。こうした観点から、Caを含有させる場合には、その含有量を0.01%以下とすることが好ましい。一方、TeやSeについては、過剰に含有させると熱間加工時に延性が低下し、割れが発生し易くなるので、Teについては0.2%以下、Seについては0.3%以下の範囲で含有させることが好ましい。

【0028】Si:0.05%以下(0%を含む)および/またはAl:0.05%(0%を含む)

AlおよびSiは脱酸力が強いので、できるだけ少ない方が好ましく、その含有量が過剰になると溶鋼中の酸素濃度が低下して、MnS形態が被削性に不利なものとなり、仕上げ面粗さを悪くする。またAlは、酸化物以外に窒化物を形成し、BNの析出量を低下させて被削性に悪影響を及ぼすことがある。こうした観点から、いずれも0.05%以下に抑制することが好ましい。尚、これらの含有量のより好ましい上限は、いずれも0.03%であり、更に好ましくは0.01%以下とするのが良い。

【0029】以下本発明を実施例によって更に詳細に説明するが、下記実施例は本発明を限定する性質のものではなく、前・後記の趣旨に徴して設計変更することはいずれも本発明の技術的範囲に含まれるものである。

【0030】

【実施例】下記表1に示す化学成分組成の発明鋼および下記表2に示す比較鋼を溶製し、 $\phi 80\text{mm}$ に圧延し、得られた各鋼材について熱間延性および被削性を評価した。尚、発明鋼1～12のものは、比較鋼1（表2）をベースにBやNの含有量を変えて添加し、BN量（計算値：後記表3）を変動させたものである。また発明鋼13～19のものは、P、S、BNに加え、更に快削元素（Pb、Bi、Sn、In、Ca、Te、Se等）を添加した鋼種についてその効果を確認したものである。\*

\*【0031】一方、表2に示した比較鋼は、B無添加の比較鋼1をベースに、比較鋼2～6で本発明範囲よりもBN量（計算値：後記表4）を少なくした場合の影響を確認したものであり、比較鋼7～13では、発明鋼13～19と夫々比較できる様にP、S、BN以外の快削元素（Pb、Bi、Sn、In、Ca、Te、Se等）を添加したものである。

【0032】

【表1】

		化学成分組成(質量%)										
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Al	B	N	O	その他
発明鋼	1	0.11	0.01	1.05	0.06	0.310	0.01	0.001	0.0052	0.0040	0.0113	-
	2	0.10	0.03	1.10	0.10	0.284	0.10	0.003	0.0065	0.0056	0.0122	-
	3	0.10	0.01	1.23	0.07	0.317	0.08	0.003	0.0100	0.0076	0.0102	-
	4	0.11	0.04	1.08	0.07	0.286	0.01	0.001	0.0075	0.0056	0.0152	-
	5	0.07	0.04	1.09	0.06	0.328	0.05	0.002	0.0104	0.0081	0.0120	-
	6	0.10	0.01	1.15	0.10	0.329	0.15	0.003	0.0092	0.0062	0.0130	-
	7	0.11	0.04	1.10	0.07	0.309	0.20	0.002	0.0100	0.0054	0.0140	-
	8	0.12	0.01	1.13	0.09	0.300	0.00	0.003	0.0086	0.0055	0.0110	-
	9	0.07	0.01	1.08	0.09	0.284	0.08	0.001	0.0094	0.0050	0.0167	-
	10	0.08	0.02	1.12	0.07	0.283	0.12	0.001	0.0064	0.042	0.0144	-
	11	0.11	0.04	1.17	0.07	0.293	0.20	0.001	0.0112	0.0100	0.0159	-
	12	0.08	0.01	1.19	0.09	0.292	0.17	0.001	0.0090	0.0074	0.0132	-
	13	0.07	0.03	1.16	0.09	0.301	0.06	0.002	0.0090	0.0041	0.0153	Pb:0.2
	14	0.12	0.03	1.13	0.09	0.294	0.04	0.003	0.0131	0.0094	0.0126	Bi:0.1
	15	0.08	0.03	1.14	0.08	0.297	0.01	0.001	0.0057	0.0046	0.0106	Sn:0.06
	16	0.11	0.02	1.15	0.09	0.305	0.18	0.002	0.0117	0.0095	0.0106	In:0.12
	17	0.10	0.01	1.18	0.10	0.281	0.10	0.003	0.0118	0.0081	0.0088	Ca:0.0015
	18	0.11	0.03	1.05	0.05	0.223	0.06	0.001	0.0084	0.0080	0.0100	Te:0.10
	19	0.10	0.01	1.12	0.06	0.204	0.21	0.003	0.0081	0.0050	0.0179	Se:0.07

【0033】

※ ※ 【表2】

		化学成分組成(質量%)										
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Al	B	N	O	その他
比較鋼	1	0.08	0.02	1.18	0.08	0.298	0.19	0.002	-	0.0058	0.0113	-
	2	0.12	0.03	1.12	0.06	0.318	0.09	0.001	0.0015	0.0076	0.0122	-
	3	0.11	0.02	1.24	0.10	0.327	0.21	0.003	0.0023	0.0072	0.0102	-
	4	0.11	0.04	1.16	0.05	0.295	0.13	0.001	0.0040	0.0073	0.0152	-
	5	0.10	0.02	1.13	0.05	0.326	0.11	0.003	0.0052	0.0051	0.0120	-
	6	0.11	0.03	1.07	0.09	0.287	0.12	0.002	0.0081	0.0084	0.0130	-
	7	0.07	0.03	1.18	0.07	0.317	0.09	0.001	0.0031	0.0054	0.0153	Pb:0.18
	8	0.10	0.03	1.17	0.10	0.301	0.12	0.002	0.0024	0.0065	0.0126	Bi:0.09
	9	0.11	0.01	1.16	0.10	0.295	0.02	0.002	0.0045	0.0078	0.0106	Sn:0.08
	10	0.13	0.04	1.18	0.07	0.287	0.09	0.002	0.0027	0.0050	0.0105	In:0.10
	11	0.12	0.01	1.14	0.07	0.308	0.01	0.002	0.0028	0.0057	0.0088	Ca:0.0012
	12	0.12	0.03	1.14	0.09	0.329	0.01	0.001	0.0039	0.0053	0.0100	Te:0.08
	13	0.10	0.01	1.05	0.06	0.284	0.21	0.001	0.0025	0.0058	0.0179	Se:0.07

【0034】熱間延性については、圧延材のD/4部（Dは厚み）から引張試験片を作製して、高温引張試験を実施し、破断後の絞り（%）で評価した。このときの高温引張試験条件を、下記に示す。また、被削性については、下記に示す切削条件で旋削試験を実施し、逃げ面摩耗量が0.2mmとなるまでの切削時間（工具寿命）で評価した。

【0035】（高温引張試験条件）

加熱温度 : 1100℃

加熱温度保持時間 : 5分

試験(引張)温度 : 900℃

試験温度保持時間 : 2分

歪み速度 : 1/sec

(切削条件)

切削様式 : 旋削

工具 : P10超硬チップ（コーティングなし）

切削速度 : 200m/min

送り速度 : 0.25mm/rev

切り込み : 1.5mm

切削油 : なし（乾式）

工具寿命判定 : VB摩耗量（0.2mm）

【0036】これらの評価結果を、「(1)式左辺の計算値」、「BN(%)計算値」と共に下記表3、4に一括して示す。尚、「(1)式左辺の計算値」とは、

$[B] - [N] \times (10.8/14.0)$  の値（計算値）の意味であり、「BN(%)計算値」とは、 $[N] \geq [B] \times (14.0/10.8)$  の場合に  $[B] \times (24.8/10.8)$  の値(%)、 $[N] \leq [B] \times$

(14.0/10.8)の場合に[B]×(24.8/10.8)の値(%)として、計算したものである。

【0037】

【表3】

	(1)式左辺 の計算値	BN(%) 計算値	高温絞り (%)	工具寿命 (min)
発 明 鋼	1 0.0021	0.0071	85.4	19.3
	2 0.0022	0.0099	84.1	22.1
	3 0.0041	0.0135	88.0	26.7
	4 0.0032	0.0099	92.1	24.1
	5 0.0042	0.0143	84.7	29.5
	6 0.0044	0.0110	92.0	28.2
	7 0.0058	0.0096	95.4	21.8
	8 0.0044	0.0097	93.3	24.9
	9 0.0048	0.0106	97.4	26.8
	10 0.0031	0.0074	85.1	21.6
	11 0.0035	0.0177	78.8	29.9
	12 0.0033	0.0131	83.4	25.3
	13 0.0058	0.0073	94.7	22.5
	14 0.0058	0.0167	90.3	30.9
	15 0.0022	0.0081	87.9	25.3
	16 0.0044	0.0168	88.2	28.0
	17 0.0056	0.0143	95.7	30.5
	18 0.0022	0.0142	77.8	29.4
	19 0.0042	0.0089	93.1	25.1

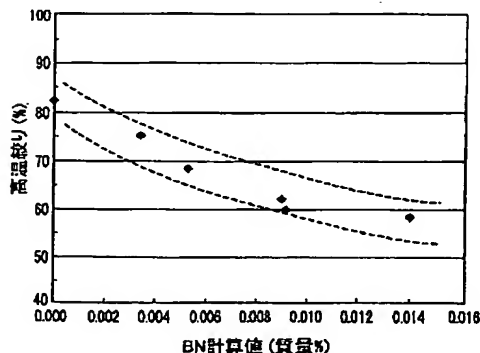
【0038】

【表4】

	(1)式左辺 の計算値	BN(%) 計算値	高温絞り (%)	工具寿命 (min)
比 較 鋼	1 —	0.0000	82.3	12.2
	2 -0.0044	0.0034	75.1	16.6
	3 -0.0033	0.0053	68.4	23.5
	4 -0.0016	0.0092	59.6	23.4
	5 0.0013	0.0090	81.9	22.2
	6 -0.0004	0.0140	58.0	31.2
	7 -0.0011	0.0071	68.8	23.3
	8 -0.0026	0.0055	70.0	17.7
	9 -0.0015	0.0103	56.3	23.5
	10 -0.0012	0.0082	69.6	23.4
	11 -0.0016	0.0064	69.1	18.6
	12 -0.0002	0.0090	65.1	25.2
	13 -0.0020	0.0057	71.5	28.9

【0039】これらの結果から、次の様に考察できる。  
まず、本発明で規定する化学成分組成範囲を外れる比較例1～6のものでは、図1（BN量と高温絞りの関係）に示すように、BN量の増加にともない熱間延性が低下している。このうちの比較鋼2～6と、前記（1）式を\*

【図1】



\*満足する発明鋼1～12とにおける高温絞り(%)を、  
(1)式左辺の計算値との関係で整理したものが図2である。この図から明らかな様に、前記(1)式を満足するようにB、Nを制御することによって、熱間延性を飛躍的に向上させることが分かる。

【0040】一方、発明鋼1～12と比較鋼1～6における被削性と高温絞りの関係を、図3に示す。この図から明らかなように、本発明鋼では高温延性が大幅に改善させることができるので、被削性と高温延性のバランスが非常に良いことが分かる。

【0041】また、図4は、快削元素を添加した本発明鋼13～19と比較鋼7～13において、高温絞り(高温延性)と工具寿命の関係を示したものであが、本発明鋼では被削性と高温延性のバランスが非常に良くなっていることが分かる。

【0042】

【発明の効果】本発明は以上の様に構成されており、JIS G4804に規定される「硫黄複合快削鋼鋼材」に代表される様な、S若しくはPとSを或る一定以上含有した低炭素硫黄系快削鋼において、BNの析出によって快削性を向上させると共に、BNの析出による熱間延性低下という悪影響を極力抑制して良好な熱間延性を発揮させることのできる低炭素硫黄系BN快削鋼が実現できた。

【図面の簡単な説明】

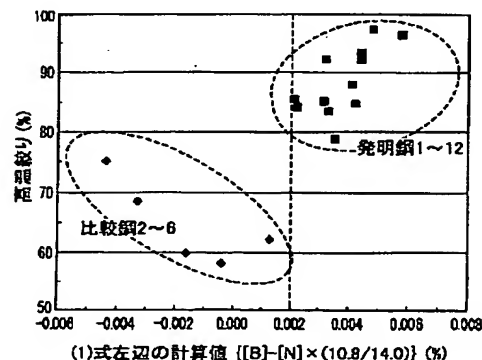
【図1】比較鋼1～6におけるBN量と高温絞りの関係を示すグラフである。

【図2】比較鋼2～6と発明鋼1～12とにおける高温絞り(%)を、(1)式左辺の計算値との関係で整理したグラフである。

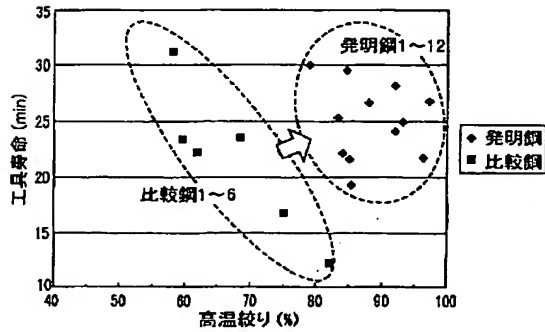
【図3】発明鋼1～12と比較鋼1～6における被削性と高温絞りの関係を示したグラフである。

【図4】快削元素を添加した本発明鋼13～19と比較鋼7～13において、高温絞りと工具寿命の関係を示したグラフである。

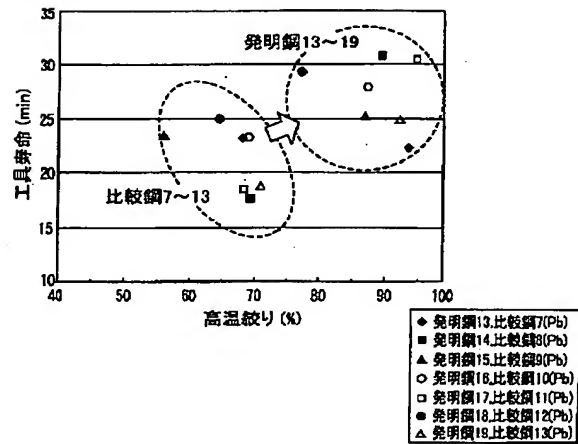
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 永浜 睦久  
神戸市灘区灘浜東町2番地 株式会社神戸  
製鋼所神戸製鉄所内

(72)発明者 鹿磯 正人  
神戸市灘区灘浜東町2番地 株式会社神戸  
製鋼所神戸製鉄所内

(72)発明者 尾崎 勝彦  
神戸市西区高塚台1丁目5番5号 株式会  
社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内